

Estimación de la demanda de agua por usuarios con fuente propia en Perú:

Una aproximación econométrica usando datos de panel

Trabajo Final de Máster

Máster Universitario en Economía, Regulación y Competencia en los Servicios Públicos
Universitat de Barcelona

Fecha:

18/05/2017

Autor del Trabajo:

Rodrigo Chirinos Cépeda

Director del Trabajo:

Prof. Dr. Xavier Fageda San Juan



Estimación de la demanda de agua de usuarios con fuente propia en Perú: Una aproximación econométrica usando datos de panel

(Estimating the water demand of self-supplied users in Peru: An econometric approach using panel-data)

Rodrigo Chirinos Cépeda

Resumen

El presente trabajo estudia la demanda de agua por parte de usuarios no residenciales con fuente propia (pozo de agua subterránea) en Lima, Perú utilizando datos de panel a nivel de 1791 usuarios, principalmente de tipo industrial y comercial, para el periodo 2003-2015. Al respecto, el trabajo se centra en estimar la elasticidad-precio de la demanda respecto a la tarifa aplicada por la empresa operadora de los acuíferos de Lima, SEDAPAL S.A., encontrándose que los usuarios presentan baja sensibilidad a la variación en las tarifas, estimándose la elasticidad precio en el rango de -0.42 a -0.62. Adicionalmente, haciendo el análisis a nivel de tipo de usuario, se encuentra que los usuarios de tipo industrial (-0.14) son menos sensibles a variaciones en la tarifa (destacándose los usuarios del sector de alimentos y bebidas) que las de tipo comercial (-0.21 a -0.40).

Palabras clave: demanda de agua, aguas subterráneas, elasticidad precio, usuario autoabastecidos de agua

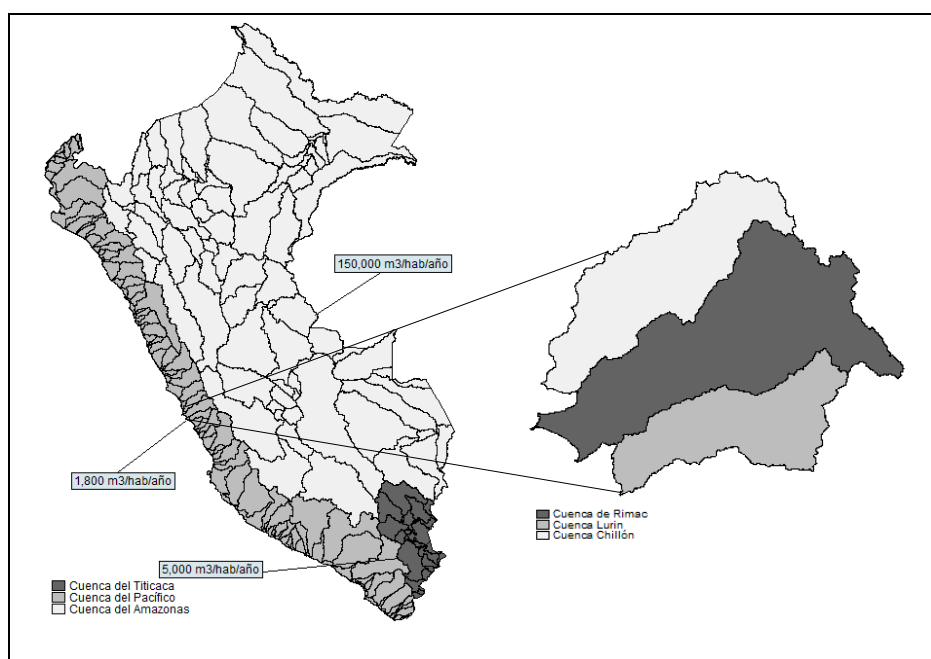
Agradecimientos

El autor agradece a la Fundación Carolina por el apoyo financiero para la realización del programa de posgrado, del cual el presente trabajo representa el Trabajo Final de Master. Asimismo, el autor agradece los valiosos aportes de los profesores Xavier Fageda y Joan Ramón Borrell y una lectora anónima. La responsabilidad de cualquier error u omisión que contenga el presente trabajo corresponde en exclusiva al autor del mismo.

1. Introducción

Cuando hablamos de uso o demanda de agua, tradicionalmente se distinguen por sus principales usos: el residencial, el agrícola (o irrigación), el comercial, industrial y recreacional y medioambiental. A pesar de ello, la literatura económica no ha enfocado su investigación de igual forma para todos los usos, por el contrario, ha concentrado sus esfuerzos en estudiar sobre todo el comportamiento de la demanda de agua para uso residencial o doméstico. Y ello se encuentra, en parte, justificado como señala Worthington (2010) en que el uso residencial, se enmarca dentro de un sector generalmente regulado y este uso es el de mayor impacto social, por lo cual los investigadores y *policymakers* han buscado a través de sus investigaciones lograr un mejor entendimiento y con ello una mejor gestión de las necesidades de los usuarios. Adicionalmente, existen otras causas, esta vez, comunes con los otros usos del agua, tales como los efectos del cambio climático, presión creciente sobre los recursos hídricos, rápido crecimiento poblacional y urbano, entre otros que han motivado el creciente interés por conocer el comportamiento de la demanda de agua.

Gráfico N° 1: Perú: Disponibilidad hídrica per cápita anual



Fuente: Aquafondo (2016). Elaboración propia

Analizando el caso de Perú, encontramos que, según el Autoridad Nacional de Agua (ANA)¹ (2012), la demanda anual de agua para uso consuntivo² es de 26080,71 hm³/año,

¹ La Autoridad Nacional de Agua (ANA) es el ente rector y máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Tiene como finalidad administrar, conservar, proteger y aprovechar los recursos hídricos de las diferentes cuencas de manera sostenible.

² Entendemos por uso consuntivo a aquel uso en donde el agua es utilizada y no se devuelve al medio donde

siendo el sector agrícola el principal demandante del recurso con un 88.9% de dicho volumen, mientras que el uso poblacional participa con un 8.9%, el minero con un 1.05% y el industrial con un 0.96%, el 0.20% restante se reparte entre el uso pecuario, turístico y recreativo. Por el lado de la oferta, vemos que la distribución de los recursos hídricos a nivel nacional es bastante disímil en términos de disponibilidad y densidad poblacional, ya que, por ejemplo, de las 3 grandes cuencas con las que cuenta el Perú, la del Amazonas o del Atlántico, la del Pacífico y la del Titicaca, es en la cuenca que presenta menor disponibilidad de agua, la del Pacífico, en donde se ha asentado la mayor cantidad de población, mientras que, la cuenca Amazónica, la que cuenta con mayor disponibilidad hídrica, es la que presenta menor densidad poblacional (ver Gráfico N° 1). Adicionalmente, la ciudad de Lima, que cuenta con las cuencas del Río Rímac, Chillón y Lurín presenta una disponibilidad de agua de apenas 125 m³/hab./año por lo cual es una ciudad con “escasez hídrica”, de acuerdo a los criterios de las Naciones Unidas³. Al mismo tiempo, si comparamos las reservas de agua con las que cuenta la ciudad de Lima con las de una ciudad de similar tamaño de población, como por ejemplo Bogotá, vemos que Lima cuenta con apenas el 31% de reservas de agua per cápita de lo que cuenta esta última (ver Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1: Lima Metropolitana y otras ciudades de América Latina

Ciudad	Población (millones)	Precipitación (mm/año)	Capacidad de producción (m ³ /s)	Reserva (millones m ³)	Reserva per cápita (millones m ³)
Sao Paulo	20	1,500	90	2,073	105
México	22	1,158	31	984	44
Buenos Aires	14	1,146	19	584	43
Lima	9	9	20	330	37
Bogotá	7	800	25	800	117
Santiago	5	384	24	900	166

Fuente: Aquafondo (2016)

Como se ha visto, Lima es una ciudad con déficit hídrico alto por lo cual, resulta importante impulsar políticas conducentes al uso eficiente del recurso, sobre todo de

se ha captado o no en las mismas condiciones de calidad en las que se extrajo. Así, por ejemplo, el uso del agua utilizada para fines agrícola es un claro ejemplo de uso consuntivo, mientras que el uso del agua con fines de generación de energía podría calificarse como un uso no consuntivo.

³ Informe de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo (2009)

aquellos recursos que sirven como reserva natural ante crisis hídricas, tales como las aguas subterráneas.

En ese orden de ideas, el Perú ha adoptado diversas medidas para evitar la sobreexplotación de las aguas subterráneas, entre ellas, se han establecido incentivos vía precios tales como el establecimiento de una retribución económica por el uso del agua subterránea y últimamente la fijación de una tarifa por monitoreo y gestión de las aguas subterráneas, mientras que vía cantidades se han establecido licencias y permisos para el aprovechamiento de las aguas subterráneas. Dichas medidas, a su vez, han sido complementadas por diversas medidas de *enforcement* tales como multas y sanciones de distinto tipo.

Respecto de la retribución económica por uso de agua subterránea, es el “*pago que en forma obligatoria deben abonar al Estado todos los usuarios de agua como contraprestación por el uso del recurso, sea cual fuera su origen*”⁴. Esta retribución se fija por metro cubico de agua utilizada y es establecida y recaudada por la ANA.

Por su parte, la tarifa por monitoreo y gestión de las aguas subterráneas es el “*pago que hacen los usuarios con fines productivos y cuyos fondos se destinan a monitorear el uso de esta agua y el nivel freático, así como para gestionar el uso del recurso para hacer sostenible su disponibilidad*”⁵. Actualmente existen muchos agentes económicos, principalmente usuarios de tipo industrial y comercial, que tienen fuente de agua propia (pozo) y que no poseen un sistema de monitoreo y gestión de aguas subterráneas, por lo cual, demandan de dicho servicio a la empresa prestadora de servicios de saneamiento (EPS) sin realizar ningún tipo de contraprestación por este servicio. Por este motivo, en el 2015, mediante Decreto Legislativo N° 1185 se crea el Régimen Especial de Monitoreo y Gestión de Uso de Aguas Subterráneas, mediante el cual se habilita a las EPS, que cuenten con una reserva de agua subterránea otorgada con anterioridad a la vigencia de la Ley de Recursos Hídricos (este supuesto solo es cumplido por las empresas SEDAPAL S.A.⁶ y SEDALIB S.A.⁷) y empresas prestadoras que obtengan un título habilitante de operador del servicio de monitoreo y gestión de uso de aguas subterráneas de parte de la ANA a partir de dada la referida norma, a cobrar la referida tarifa por monitoreo y gestión a los usuarios que hagan uso productivo del agua subterránea con fines productivos distintos a los agrarios. Cabe resaltar el carácter de incentivo que tiene el instrumento, dado que a pesar que la

⁴ Artículo 91 de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338

⁵ Artículo 94 de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338

⁶ La reserva de agua subterránea fue otorgada por Decreto Supremo N° 021-1981-VC a favor de ESAL (actualmente SEDAPAL S.A.) por las aguas subterráneas de los acuíferos de Lima y Callao.

⁷ La reserva de agua subterránea a favor de SEDAPAT (actualmente SEDALIB S.A.) fue otorgada por la Ley N° 23251 para las aguas subterráneas de la cuenca del río Moche y por Ley N° 24516 por las aguas subterráneas de los ríos de las provincias de Chepén, Ascope, Pacasmayo y Trujillo.

tarifa por monitoreo y gestión nace con el fin de representar la contraprestación por el servicio de monitoreo y gestión a aquellos usuarios que no cuenten con sistema de monitoreo y gestión, la referida norma señala que el pago de esta tarifa es aplicable *“indistintamente cuenten o no con sistemas propios de monitoreo y gestión de dichas aguas”*⁸. Lo anterior, también se ve justificado dado que la tarifa aparte de significar la contraprestación por el servicio de monitoreo y gestión, también sirve para financiar las inversiones que la empresa prestadora de servicios de saneamiento pueda realizar con el fin de conservar e incrementar las disponibilidades hídricas subterráneas. Así, por ejemplo, según SUNASS (2017), SEDAPAL S.A. ha realizado inversiones en proyectos de recarga inducida del acuífero, forestación de márgenes, tratamiento del cauce de los ríos Rímac y Chillón las cuales ascienden a 40 millones de dólares, las cuales, a su vez, generan gastos por operación y mantenimiento anuales de 3.9 millones de dólares.

Como se mencionó anteriormente, desde el año 1981 SEDAPAL S.A., empresa prestadora de servicios de saneamiento de la ciudad de Lima, cuenta con la reserva de los acuíferos del río Rímac y Chillón, adicionalmente, en el año 1982, mediante Decreto Supremo N° 008-82-VI se establece que *“las personas naturales o jurídicas que con fines de consumo doméstico, comercial e industrial utilicen agua extraída mediante pozos tubulares, en la jurisdicción comprendida dentro de las provincias de Lima y Constitucional del Callao, abonarán por ese concepto un monto equivalente al 20% de las tarifas de agua, que para estos fines SEDAPAL tenga establecidas para los servicios de agua conectados al sistema que administra”*. Dado lo anterior, los usuarios con fuente propia bajo el ámbito de SEDAPAL desde 1982 han venido abonando dicha tarifa a la empresa (actualmente en proceso de sustitución por la tarifa por monitoreo y gestión por agua subterránea, producto de la metodología propia aprobada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento mediante RCD N° 007-2016-SUNASS-CD), y desde el 2011 (año de su instauración), la retribución económica por uso de agua subterránea a la ANA.

En ese contexto, el presente trabajo tiene como objetivo estudiar el comportamiento de la demanda de agua por parte de usuarios con fuente propia no domésticos en Lima a través de la estimación de ésta, para con ello, obtener una estimación de la elasticidad-precio de la demanda respecto a la tarifa que ha venido cobrando SEDAPAL S.A., la cual como se dijo anteriormente, será sustituida por la tarifa de monitoreo y gestión de aguas subterráneas. A través de la estimación de dicha elasticidad-precio podremos conocer cuál es impacto que tendrá en el consumo de este tipo de usuarios, una variación en la tarifa por servicio de monitoreo y gestión del recurso hídrico subterráneo, lo cual, a su vez, permitirá una mejor conocimiento de la demanda en el marco de la primera fijación tarifaria (2017-2021) para SEDAPAL S.A., función que recae, en virtud del Decreto Legislativo N° 1185, sobre la SUNASS, organismo regulador de los servicios de saneamiento. Por otra parte, también se pretende conocer el efecto que tienen en la

⁸ Literal c) del artículo 2 del Decreto Legislativo N° 1185.

demanda de agua por parte de este tipo de usuarios, variables vinculadas al nivel de actividad del sector, temperatura promedio y costo de la energía eléctrica.

2. Revisión de la literatura y antecedentes

Por la ley de demanda, el consumo de agua debe estar inversamente relacionado con el precio de esta, y al ser el agua un bien con pocos sustitutos, resulta esperable que la elasticidad precio de la demanda sea también inelástica. Así, estudios anteriores han confirmado dicha hipótesis, por ejemplo, Babin et.al. (1982) estima dicha elasticidad precio en el rango de 0.00 a -0.81 para el sector industrial de EEUU. Por su parte. Williams and Suh (1986) hacen un análisis agregado de la demanda de los usuarios residenciales, comerciales e industriales y encuentra que las elasticidades de estos últimos tipos de usuarios son mayores más altas que las de los usuarios residenciales (-0.44 a -0.74), ello debido a que, mientras que el agua para el usuario residencial representa un bien de tipo básico y esencial para la vida, los usuarios no residenciales tienen mayor margen para sustituir su uso, ya sea mediante la utilización de agua de distintas calidades, implementación de tecnología eficiente con el uso del recurso en sus procesos productivos, tratamiento de aguas residuales generadas, entre otros.

Cuadro N° 2: Estudios empíricos de estimación de demanda de agua industrial

Autor	País/sector	Elasticidad-precio estimada
Turnovsky (1969)	EEUU	-0.50 a -0.63
Grebenstein y Field (1979)	EEUU	-0.33 a -0.80
Babin et. al (1982)	EEUU/sector manufactura	0.00 a -0.81
Williams and Suh (1986)	EEUU	-0.44 a -0.74
Renzetti (1988)	Canadá	-0.15 a -0.59
Schneider y Whitlach (1991)	Columbia (EEUU)	-0.44 a -1.16
Renzetti (1992)	Canadá/ sector manufactura	-0.153 a -0.588
Renzetti (1993)	Canadá/ sector manufactura	-0.66 a -1.68 Fuente propia: -0.05 a -1.14
Malla y Gopalakrishnan (1999)	Honolulu (EEUU)	-0.32 a -0.40
Dupont y Renzetti (2001)	Canadá/sector manufactura	-0.79 a -0.81
Reynaud (2003)	Francia/sector manufactura	-0.29 a -1.4614 Fuente propia: 0.250 a 3.812
Zhou y Tol (2005)	China/sector manufactura	-0.22 a -0.35
Féres y Reynaud (2005)	Brasil/sector manufactura	-1.085
Kumar (2006)	India	-0.902

Arbues et. al. (2010)	Zaragoza (España)	-0.249 a -0.567
Féres et. al. (2012)	Brasil/sector manufactura	-0.23
Valles-Gimenez y Zarate-Marco (2012)	España/sector industrial	-0.009 a -0.012

Fuente: Adaptado de Dinar et. al (2015) y Dharmaratna (2011)

Adicionalmente, Renzetti (1988,1992,2001), en múltiples estudios, utilizando datos de la industria canadiense encuentra elasticidades precio en el rango de -0.1186 a -0.8098. Este mismo autor en Renzetti (1993), encuentra que la demanda de agua para usuarios autoabastecidos es menos sensible al precio comparado a los usuarios que se abastecen mediante la red pública, especialmente la demanda de los usuarios del sector alimentos y textiles. Reynaud (2003) analiza el caso de los usuarios industriales autoabastecidos en Gironda (Francia) y encuentra elasticidades precio positivas, es decir que, en el corto plazo, los usuarios no reaccionan a variaciones marginales en el precio, ello debido a la gran diferencia entre los precios de autoabastecimiento y abastecimiento vía red pública. Al mismo tiempo, encuentra que el sector alimentos y bebidas presenta una elasticidad precio de 0.068.

Por su parte, Valles-Giménez y Zarate-Marco (2012), estudia la demanda de agua de usuarios industriales para Aragón (España) encontrando que la elasticidad precio respecto de la tarifa marginal es de -0.009, mientras que respecto de la tarifa media es de -0.012.

3. Métodos y datos

Para las estimaciones a realizar se cuenta con los datos respecto de los consumos de agua de los usuarios con fuente propia de la EPS SEDAPAL S.A., contándose con un panel-data de 178,298 observaciones y 2283 usuarios (los cuales son identificados mediante el número de suministro), la cual constituye la base comercial de usuarios de fuente propia de la empresa para el periodo 2003m1-2015m8. Analizando la composición de los datos, vemos que esta se encuentra conformada en su mayoría por usuarios de las categorías “Industrial” y “Comercial y Otros”, razón por la cual este tipo de usuarios concentrarán la atención en el análisis y estimaciones posteriores, considerándose adicionalmente que este tipo de usuarios se caracterizan por presentar consumos altos (ver Cuadro N° 3), por lo cual, resulta relevante estudiar el comportamiento de la demanda de este tipo de usuarios en el marco de la mejora del diseño de la política regulatoria y tarifaria.

Cuadro N° 3: Consumo de agua de fuente propia por tipo de usuario

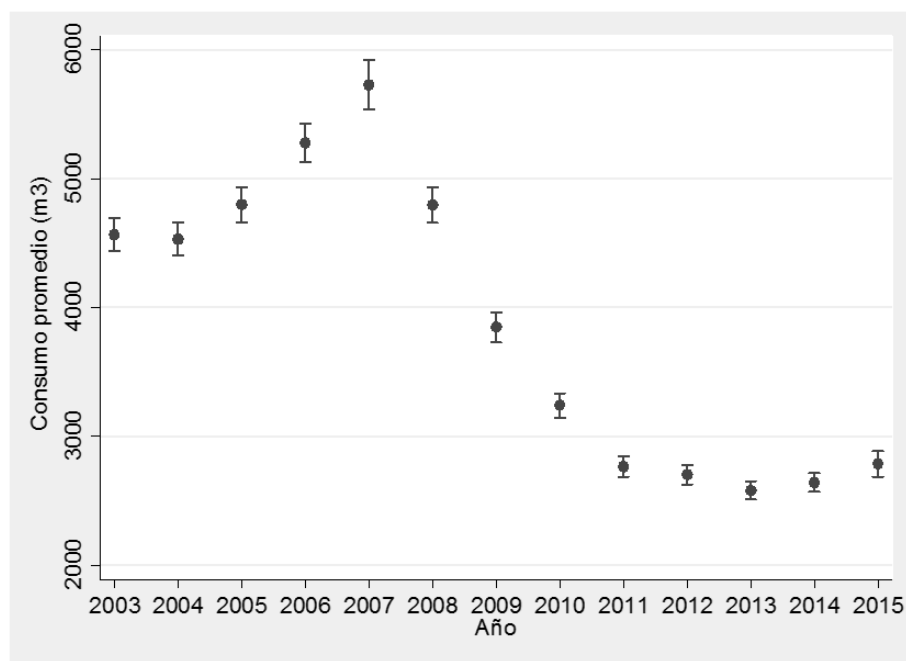
Categoría de usuario	Nro. de individuos	Nro. observaciones	Consumo promedio mensual (m³)	DE Within Between
<i>Industrial</i>	770	62,238	6003. 861 (14203.94)	7169.713 11693.39
<i>Comercial y Otros</i>	903	61,695	1509.24 (8207.307)	3696.465 6762.698

<i>Doméstico</i>	492	25,997	480.7743 (2929.348)	1290.009 2167.662
<i>Estatal</i>	90	7,613	10405.44 (20383.42)	8541.621 17139.99
<i>Social</i>	28	1,693	298.2327 (693.3549)	594.5422 354.8937

Notas: Errores estándar entre paréntesis.

Haciendo el análisis de la descomposición de la varianza de la variable de consumo (ver Cuadro N°3) en dos componentes ortogonales: el componente *within* (variabilidad del consumo de cada usuario) y *between* (variabilidad del consumo de cada usuario respecto del resto de usuarios de la categoría), observamos que, en todos los casos, con excepción de la categoría Social, que el consumo tiene mayor variabilidad a lo largo de los usuarios de la categoría que para un mismo usuario a lo largo del tiempo observado. Lo anterior nos permite inferir que los usuarios han tendido a uniformizar su consumo a lo largo del tiempo.

Gráfico N° 2: Consumo promedio mensual de usuario con fuente propia



Elaboración propia

Adicionalmente, para observar el comportamiento del consumo en el periodo se presenta el Gráfico N° 2, el cual evidencia que, a partir del año 2008, el consumo de agua de fuente propia ha tenido una tendencia decreciente, ello puede verse explicado debido a diversos factores, entre ellos, el incremento de las tarifas por el uso de aguas subterráneas cobradas por SEDAPAL S.A., adopción de tecnologías para el uso eficiente del recurso hídrico por parte de las industrias, establecimiento en el 2011 de la retribución económica por el uso del agua subterránea cobrada por la ANA, implementación de incentivos para la sustitución del riego de áreas verdes municipales con aguas residuales tratadas, restricciones a la explotación de los acuíferos, entre otros.

3.1. Modelo empírico

En esta sección se describe el modelo empírico para investigar la estructura de la demanda de agua de usuarios con fuente propia no domésticos. La aproximación es similar a la planteada por Renzetti et. al (2015) estimando una función de demanda de tipo doble log-log y considerando un modelo de datos de panel de efectos fijos. Así, la variable dependiente es el volumen mensual de agua (Q_{it}) consumida en metros cúbicos por cada usuario de SEDAPAL S.A. con fuente propia (pozo). La elección de las variables independientes empleadas para explicar los niveles de consumo de agua está basada en la teoría económica, estudios previos (Worthington, 2010; Arbues et.al., 2010) y las características de la información disponible para el estudio.

La teoría económica sugiere incluir la variable de precio del agua y una variable que refleje el nivel de actividad del sector como determinantes del consumo de agua. Para nuestro caso, la variable precio está representada por la tarifa media por m³ cobrada por SEDAPAL S.A. según categoría de usuario (*Tarifa SEDAPAL*). En este aspecto, esta variable podría presentar dos fuentes de endogeneidad, y, por ende, la estimación mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios podría arrojar resultados sesgados e inconsistentes. Lo anterior se debe a que la teoría económica señala que el precio y la cantidad se determinan de manera simultánea, sin embargo, en este caso, la tarifa de SEDAPAL S.A. es un tarifa regulada y es determinada en función de la estructura tarifaria de un mercado distinto (la tarifa por m³ cobrada por uso de fuente propia, según categoría, es igual al 20% de la tarifa cobrada a los usuarios que acceden al servicio por red), por ende es válido suponer que este fuente de endogeneidad no se encuentre presente. En segundo lugar, la endogeneidad podría tener su fuente en la utilización de estructuras tarifarias crecientes en bloque, en donde el consumo dependerá de la tarifa y ésta dependerá del nivel de consumo. Al respecto, es importante señalar que la introducción de tarifas crecientes en bloques en la estructura tarifaria de SEDAPAL para las categorías distintas a la Doméstica recién se introduce en el quinquenio regulatorio 2010-2015, específicamente en mayo de 2010, por lo cual, con el fin de afrontar la posible presencia de endogeneidad se presentaran estimaciones para el periodo anterior a mayo de 2010, es decir, para el periodo en donde las tarifas son lineales a manera de *robustness check*.

En lo que respecta a la variable referida a la actividad económica en el sector, se incluyen tres tipos de variables, según la especificación del modelo, así para el modelo global se utilizará la variable PBI_{MNP} , la cual es un índice de la actividad del sector manufactura no primaria⁹, mientras que para la estimación de la demanda de los usuarios de la categoría industrial del rubro alimentos y bebidas se utilizará el índice de actividad del sector

⁹ El sector manufactura no primaria está conformado por los rubros de: alimentos y bebidas, textil, cuero y calzado, industria del papel e imprenta, productos químicos, caucho y plásticos, minerales no metálicos, industria del hierro y acero, productos metálicos, maquinaria y equipo e industrias diversas.

Alimentos y Bebidas ($PBI_{AL,B}$), mientras que, para la estimación de la demanda de los usuarios de la categoría comercial, se utilizará el índice de actividad del sector comercio (PBI_{COM}).

Adicionalmente, se incluye una variable referida a las condiciones climatológicas (*Temperatura*), que refleja la temperatura mensual promedio en la ciudad de Lima y finalmente se considera la inclusión de una variable referida al precio de la energía eléctrica industrial (*Tarifa Energía*), ello en vista de que explotación de un pozo de agua requiere del uso de energía eléctrica para poder bombear el agua del acuífero a la superficie.

Así, la demanda de agua por usuarios de fuente no domésticos puede ser caracterizada por la función general:

$$Q_{it} = f(\text{Tarifa SEDAPAL}_{it}, PBI_{MNP,ALYB,COM\ t}, \text{Temperatura}_t, \text{Tarifa Energía}_t) \quad (1)$$

Más específicamente, el modelo de demanda sobre el que se basa el análisis econométrico adopta la siguiente forma funcional de elasticidad de sustitución constante (tipo Cobb-Douglas):

$$Q_{it} = A(\text{Tarifa SEDAPAL}_{it})^{\alpha_1} (PBI_{MNP,ALYB,COM\ t})^{\alpha_2} (\text{Temperatura}_t)^{\alpha_3} (\text{Tarifa Energía}_t)^{\alpha_4} \quad (2)$$

Donde A es una constante y α_j son las elasticidades constantes de la demanda respecto a la tarifa cobrada por SEDAPAL S.A., la actividad económica del sector, la temperatura media y la tarifa eléctrica industrial.

Con fines de la estimación, se linealiza la función transformándola en logaritmos en ambos lados (doble log-log):

$$\text{Log}(Q_{it}) = \alpha + \alpha_1 \text{Log}(\text{Tarifa SEDAPAL}_{it}) + \alpha_2 \text{Log}(PBI_{MNP,ALYB,COM\ t}) + \alpha_3 \text{Log}(\text{Temperatura}_t) + \alpha_4 \text{Log}(\text{Tarifa Energía}_t) + u_{it} \quad (3)$$

En el Cuadro N° 4 se presenta la matriz de correlaciones de las variables utilizadas en el análisis empírico la cual nos permite observar la relación lineal entre las variables. Se observa una correlación negativa entre el consumo y la tarifa de SEDAPAL negativa, lo cual es acorde con la teoría económica, y a su vez, esta toma un valor bajo, lo cual nos podría indicar, de manera preliminar, una elasticidad precio de la demanda casi inelástica.

Cuadro N° 4: Variables usadas en el análisis empírico

Variables	Descripción	Fuente	Media	Desviación estándar
Consumo facturado	Consumo mensual de usuario con fuente propia en m ³	SEDAPAL S.A.	3510.9	11580.06
Tarifa SEDAPAL	Tarifa media de SEDAPAL por metro cúbico según categoría de usuario (S/ reales 2009 por m ³) ¹	SEDAPAL S.A.	0.0111	0.0024

PBI _{MNP}	Producto bruto interno del sector manufactura no primaria (índice 2007)	Banco Central de Reserva del Perú	114.14	22.9233
PBI _{ALyB}	Producto bruto interno del sector alimentos y bebidas (índice 2007)	Banco Central de Reserva del Perú	114.59	21.70
PBI _{COM}	Producto bruto interno del sector comercio (índice 2007)	Banco Central de Reserva del Perú	126.66	30.65
Temperatura	Temperatura promedio mensual de Lima en grados centígrados	Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología del Perú	19.617	2.1820
Tarifa Energía	Índice de tarifa eléctrica industrial (índice 2010)	Banco Central de Reserva del Perú	107.15	6.8866

¹Las tarifas han sido deflactadas por el Índice de Precios al por Mayor para convertirlas a términos reales.

Por otro lado, encontramos una relación lineal negativa y baja entre el consumo y los indicadores de actividad de los sectores, ello se debe en parte en el que, en el periodo de estudio, el consumo ha tenido una tendencia decreciente (ver Gráfico N° 2), mientras que el nivel de actividad ha sido creciente. Vemos también que la temperatura y el consumo están correlacionados de manera positiva, dado que es razonable que el consumo de agua aumente en los periodos de mayor temperatura, a nivel industrial, por ejemplo, dado que el agua constituye un insumo para la elaboración de bebidas, las cuales presentan una mayor demanda en épocas de temperaturas altas. Finalmente, observamos una correlación negativa entre el consumo y la tarifa eléctrica industrial, lo cual se justifica en que esta tarifa es un coste para las industrias y comercios.

Cuadro N° 5: Matriz de correlaciones

	<i>Consumo facturado</i>	<i>PBI_{MNP}</i>	<i>PBI_{ALyB}</i>	<i>PBI_{COM}</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Tarifa SEDAPAL</i>	<i>Tarifa Energía</i>
<i>Consumo facturado</i>	1.0000						
<i>PBI_{MNP}</i>	-0.0196	1.0000					
<i>PBI_{ALyB}</i>	-0.0171	0.8691	1.0000				
<i>PBI_{COM}</i>	-0.0155	0.6921	0.6635	1.0000			
<i>Temperatura</i>	0.0086	-0.2720	-0.2389	-0.2260	1.0000		
<i>Tarifa SEDAPAL</i>	-0.0530	0.3098	0.2713	0.3189	0.0446	1.0000	
<i>Tarifa Energía</i>	-0.0071	0.2630	0.2984	0.6831	0.2742	0.2704	1.0000

4. Resultados

Los resultados se presentan en el Cuadro N°6 a nivel global, esto es de la demanda de todos los usuarios no domésticos, considerándose efectos fijos de año. A su vez, como se mencionó anteriormente, se presentan estimaciones auxiliares obtenidas para los periodos en donde las tarifas cobradas muestran una estructura lineal (enero 2003-mayo 2010) a manera de *robustness check*.

Cuadro N° 6: Resultados globales usuario no doméstico

<i>LCSMO_FACT</i>	Efectos fijos (1)	<i>Robustness Check</i>
<i>LTSEDAR</i>	-0.4182** (0.1832)	-0.6201* (0.3219)
<i>LPBI_{MNP}</i>	-0.0432 (0.0777)	0.0421 (0.0973)
<i>LTEMP</i>	0.3806*** (0.0341)	0.5108*** (0.0571)
<i>EFFECTOS FIJOS AÑO</i>	SI	SI
<i>Intercepto</i>	3.1910*** (1.1159)	1.7771 (1.7098)
<i>Within</i>	0.0079	0.0073
<i>Between</i>	0.0094	0.0111
<i>Overall</i>	0.0123	0.0162
<i>Periodo</i>	2003m1-2015m8	2003m1-2010m5
<i>Nro. de observaciones</i>	133,239	61,413
<i>Nro. de individuos</i>	1,668	1,343

Notas: Errores estándar entre paréntesis

***Significancia estadística al 1%

**Significancia estadística al 5%

*Significancia estadística al 10%

Se encuentra que la elasticidad precio para la especificación (1), se encuentra en el rango de -0.4182 y -0.6201. Lo anterior nos indica que la demanda de agua de fuente propia por los usuarios no domésticos es inelástica al precio, ya que la variación en cantidad consumida a consecuencia de una variación en la tarifa cobrada por SEDAPAL S.A. es menos que proporcional.

Adicionalmente, observamos que el coeficiente de la variable referida a nivel de actividad del sector (*LPBI_{MNP}*), muestra signo negativo cuando se considera el total de la muestra,

por el contrario, en las estimaciones utilizadas como *robustness check* esta presenta el signo esperado, sin embargo, sin significancia estadística. Por otro lado, el coeficiente asociado a la variable temperatura se encuentra entre los valores de 0.3806 y 0.5108, el cual, a su vez, es estadísticamente significativo. Lo anterior, nos indica que ante una variación en 1% de la temperatura, el consumo de agua de fuente propia varía entre un 0.38% y 0.51%.

Cuadro N° 7: Resultados Categoría Industrial y Comercial

<i>LCSMO_FACT</i>	Efectos fijos (Industrial) (2)	<i>Robustness check</i> (Industrial)	Efectos fijos (Comercial) (3)	<i>Robustness check</i> (Comercial)
<i>LTSEDAR</i>	-0.1368* (0.0732)	-0.1349 (0.1681)	-0.2072*** (0.0587)	-0.4002** (0.1578)
<i>LPBI_{MNP}</i>	0.1104 (0.0932)	0.1756 (0.1431)	-	-
<i>LPBI_{COM}</i>	-	-	0.0763* (0.0438)	0.0568 (0.0585)
<i>LTEMP</i>	0.2730*** (0.0387)	0.3351*** (0.0653)	0.5553*** (0.0582)	0.8012*** (0.1055)
<i>EFFECTOS FIJOS AÑO</i>	SI	SI	SI	SI
<i>Intercepto</i>	4.6067*** (0.6247)	4.4911*** (1.0675)	2.2696*** (0.4401)	0.9318 (0.9123)
<i>Within</i>	0.0033	0.0030	0.0163	0.0165
<i>Between</i>	0.0128	0.0392	0.0188	0.0465
<i>Overall</i>	0.0069	0.0023	0.0145	0.0187
<i>Periodo</i>	2003m1- 2015m8	2003m1- 2010m5	2003m1- 2015m8	2003m1- 2010m5
<i>Nro. de observaciones</i>	62,238	31,591	61,695	25,534
<i>Nro. de individuos</i>	770	621	903	716

Notas: Errores estándar entre paréntesis

***Significancia estadística al 1%

**Significancia estadística al 5%

*Significancia estadística al 10%

Como se mencionó en la sección anterior, resulta relevante estudiar el comportamiento de la demanda de agua de fuente propia de los usuarios de las categorías Industrial y Comercial, considerando que este tipo de usuarios son quienes presentan los consumos más altos y son los más representativos a nivel del agregado de usuarios. Así, para el caso de la demanda de los usuarios de tipo Industrial, se encuentra que la elasticidad precio estimada es de -0.1368, valor que es significativo estadísticamente y que es confirmado mediante la realización del *robustness check* propuesto. Se observa que esta elasticidad

precio es menor que la estimada para el global de los usuarios no domésticos, ello en vista de que, para la categoría industrial el agua subterránea, tiene menor nivel sustituibilidad, respecto del uso del resto de las categorías acorde con lo encontrado por Renzetti (1993), quien adicionalmente encuentra que la elasticidad-precio es aún menor para los usuarios industriales del sector alimentos y bebidas. Así, para comprobar lo último, se selecciona en la muestra a los usuarios industriales de sector alimentos y bebidas, encontrándose que estos presentan una elasticidad precio de -0.1093, infiriéndose que estos presentan menor sensibilidad al precio dado que el agua para estos casos constituye un consumo básico y de poca o nula sustituibilidad¹⁰. Adicionalmente, resalta que este sub-sector, como es esperable, presenta una mayor sensibilidad respecto del agregado de la industria a la variación de la temperatura, dado el coeficiente estimado de la variable LTEMP (0.5774). Finalmente, para conocer la sensibilidad de la demanda respecto de la tarifa eléctrica industrial, se presenta la especificación (5), encontrándose que la elasticidad-precio respecto de la tarifa eléctrica es de -0.4240, estimado que presenta significancia estadística al 5%.

Para el caso de la demanda de los usuarios de tipo Comercial, se estima una elasticidad-precio de -0.2072 a -0.4002, elasticidad que es mayor a la estimada para los usuarios de tipo industrial, en vista de que los usuarios de tipo comercial, presentan un mayor nivel de sustituibilidad, dado por ejemplo que, el nivel de calidad no es un factor relevante para este tipo de usuario, por lo cual, podría optar por estrategias de reutilización de agua, mayor margen para introducción de tecnología eficiente en el uso del recurso, entre otros.

En lo que respecta a la sensibilidad de la demanda respecto del nivel de actividad de los sectores, se encuentra el signo esperado, y se encuentra que esta sensibilidad es baja y menos que proporcional ante la variación del nivel de actividad (0.0568-0.1756).

Finalmente, la sensibilidad de la demanda respecto de la temperatura, se estima entre 0.2156 y 0.8012, y se encuentra significancia estadística en todas las especificaciones planteadas.

¹⁰ Así por ejemplo para el caso de la industria de bebidas, el agua subterránea no presenta sustitutos cercanos dado que este tipo de usuario demanda agua en mayores condiciones de calidad pues esta influye en las características físicas de las bebidas, tales como sabor, olor y color.

Cuadro N° 8: Resultados Industrial (Alimentos y Bebidas) e Industrial (Tarifa Eléctrica)

<i>LCSMO_FACT</i>	Efectos fijos (Industrial-Alimentos y Bebidas) (4)	Efectos fijos (Industrial) (5)
<i>LTSEDAR</i>	-0.1093 (0.2396)	-0.0940 (0.0719)
<i>LPBI_{MNP}</i>	-	0.0102 (0.1023)
<i>LPBI_{ALyB}</i>	0.0854 (0.2522)	-
<i>LTEMP</i>	0.5774** (0.2009)	0.2156*** (0.0425)
<i>LTENERG</i>	-	-0.4240** (0.1760)
<i>EFFECTOS FIJOS AÑO</i>	SI	SI
<i>Intercepto</i>	5.3735 (2.2975)	6.6961*** (1.1114)
<i>Within</i>	0.0050	0.0019
<i>Between</i>	0.0323	0.0111
<i>Overall</i>	0.0006	0.0001
<i>Periodo</i>	2003m1-2015m8	2010m1-2015m8
<i>Nro. de observaciones</i>	7,694	32,831
<i>Nro. de individuos</i>	86	633

Notas: Errores estándar entre paréntesis

***Significancia estadística al 1%

**Significancia estadística al 5%

*Significancia estadística al 10%

5. Conclusiones y recomendaciones

El estudio de la demanda de agua de fuente propia nos permite conocer cuál es la sensibilidad de esta ante cambios marginales en la tarifa cobrada a los usuarios. A su vez, teniendo en cuenta que se cuenta con usuarios de distintas categorías, es posible, estimar la elasticidad precio para cada uno de estos usuarios. Así se estima que la elasticidad precio promedio para el global de los usuarios analizados se encuentra en el rango de -0.4182 a -0.6201. Adicionalmente, se estima esta elasticidad para el caso de los usuarios industriales en -0.1368, mientras para el caso de los usuarios comerciales esta se estima en el rango de -0.2072 a -0.4002.

Considerando que, en todos los escenarios, se encuentra que el consumo de agua de los usuarios de fuente propia son poco sensibles variaciones en el precio o tarifa cobrada por SEDAPAL S.A., y teniendo en cuenta que el objetivo central del instrumento tarifario, es evitar la sobreexplotación de las aguas subterráneas, es importante, considerar instrumentos complementarios a éste tales como la limitación a la explotación mediante restricciones de nuevos permisos y licencias y/o reducción de los volúmenes permitidos. Al respecto, es necesario resaltar que el nuevo marco normativo contempla dicho escenario ya que, por ejemplo, se establece que la empresa prestadora de servicios de saneamiento, la que a su vez es la operadora del acuífero del ámbito, tendrá opinión vinculante respecto a la dación de nuevos permisos y licencias para explotación de las aguas subterráneas.

A su vez, se recomienda la recopilación de datos de consumo a nivel de usuario en las demás empresas prestadoras a nivel nacional, ello con el fin de poder realizar estudios similares al presente, conducente a perfeccionar el diseño tarifario en las sucesivas fijaciones tarifarias de las tarifas por monitoreo y gestión de las aguas subterráneas.

Referencias

- Arbués, F., García-Valiñas, M. Á., & Villanúa, I. (2010). Urban Water Demand for Service and Industrial Use: The Case of Zaragoza. *Water Resources Management*, 24(14), 4033–4048. <https://doi.org/10.1007/s11269-010-9645-5>
- Aquafondo (2016). Riesgos hídricos y vulnerabilidad del sector privado en Lima Metropolitana y Callao en un contexto de cambio climático
<http://aquafondo.org.pe/wp-content/uploads/2016/07/040716-Estudio-de-Riesgos-Hi%CC%81dricos-y-Vulnerabilidad-del-Sector-Privado-en-Lima-Metropolitana-y-Callao-en-un-Contexto-de-Cambi.pdf>
- ANA (2012). Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos.
http://www.ana.gob.pe/media/527865/pol%C3%ADtica%20y%20estrategia%20nacional_.pdf
- Babin, F. G., Willis, C. E., & Allen, P. G. (1982). Estimation of Substitution Possibilities between Water and Other Production Inputs. *American Journal of Agricultural Economics*, 64(1), 148. <https://doi.org/10.2307/1241187>
- Dinar, A., & Schwabe, K. (2015). *Handbook of Water Economics. Handbook of Water Economics*. <https://doi.org/10.4337/9781782549666>
- Dinusha Dharmaratna. (2011). Demand, Supply and Welfare Aspects of Pipe-borne Water in Sri Lanka. Retrieved from
https://books.google.com.pe/books?id=xyErBwAAQBAJ&pg=PR4&lpg=PR4&dq=Dharmaratna+water&source=bl&ots=zjweypotdU&sig=ySsfeDtrBVPS5P1jDzD7uWplMfY&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiGn6jEiL_UAhXL4CYKHf9xA_cQ6AEIXTAH#v=onepage&q=Dharmaratna water&f=false

- Dupont, D. P., & Renzetti, S. (2001). The role of water in manufacturing. *Environmental and Resource Economics*, 18(4), 411–432. <https://doi.org/10.1023/A:1011117319932>
- Feres, J., & Reynaud, A. (2005). Assessing the impact of environmental regulation on industrial water use: Evidence from Brazil. *Land Economics*, 81(3), 396–411. Retrieved from http://econpapers.repec.org/article/uwplandec/v_3a81_3ay_3a2005_3ai_3a3_3ap396-411.htm
- Féres, J., Reynaud, A., & Thomas, A. (2012). Water reuse in Brazilian manufacturing firms. *Applied Economics*, 44(11), 1417–1427. <https://doi.org/10.1080/00036846.2010.543070>
- Grebenstein, C. R., & Field, B. C. (1979). Substituting for water inputs in U.S. manufacturing. *Water Resources Research*, 15(2), 228–232. <https://doi.org/10.1029/WR015i002p00228>
- Green, C. H. (2003). *The handbook of water economics: principles and practice*. *Water*. Retrieved from http://library.mdx.ac.uk/ipac20/ipac.jsp?session=12327N0Q4L510.388&menu=search&aspect=basic_search&npp=15&ipp=20&spp=20&profile=bg&ri=&index=.TW&term=handbook+water+economics&aspect=basic_search&x=17&y=10#focus
- Kumar, S. (2006). Analysing Water Demand in India: An Input Distance Function Approach. *Water Policy*, 8(1), 15–29. Retrieved from <http://wp.iwaponline.com/content/8/1/15>
- Malla, P. B., & Gopalakrishnan, C. (1999). The Economics of Urban Water Demand: The Case of Industrial and Commercial Water Use in Hawaii. *International Journal of Water Resources Development*, 15(3), 367–374. <https://doi.org/10.1080/07900629948871>
- Renzetti, S. (1993). Examining the Differences in Self- and Publicly Supplied Firms' Water Demands. *Land Economics*. Retrieved from <http://ideas.repec.org/a/uwp/landec/v69y1993i2p181-188.html>
- Renzetti, S. (1988). An econometric study of industrial water demands in British Columbia, Canada. *Water Resources Research*, 24(10), 1569–1573. <https://doi.org/10.1029/WR024i010p01569>
- Renzetti, S. (1992). Estimating the Structure of Industrial Water Demands: The Case of Canadian Manufacturing. *Land Economics*, 68(4), 396–404. <https://doi.org/10.2307/3146696>
- Renzetti, S., Dupont, D. P., & Chitsinde, T. (2015). An empirical examination of the distributional impacts of water pricing reforms. *Utilities Policy*, 34, 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2014.12.004>
- Reynaud, A. (2003). An econometric estimation of industrial water demand in France. *Environmental and Resource Economics*, 25(2), 213–232. <https://doi.org/10.1023/A:1023992322236>

- Schneider, M. L., & Whitlatch, E. E. (1991). User-specific water demand elasticities. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 117(1), 52–73.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(1991\)117:1\(52\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(1991)117:1(52))
- SUNASS (2016), Nuevo Regimen Especial de Monitoreo y Gestión de uso de aguas subterráneas a cargo de las EPS: Metodología, criterios técnico-económicos y procedimiento para determinar la tarifa.
http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/metodologia_aguas_subterraneas2.pdf
- Turnovsky, S. J. (1969). The demand for water: Some empirical evidence on consumers' Response to a commodity uncertain in supply. *Water Resources Research*, 5(2), 350–361.
<https://doi.org/10.1029/WR005i002p00350>
- Vallés-Giménez, J., & Zárate-Marco, A. (2013). Environmental taxation and industrial water use in Spain/Fiscalidad ambiental y uso industrial del agua en España. *Investigaciones Regionales*, (25), 133–162.
- Williams, M., & Suh, B. (1986). The demand for urban water by customer class. *Applied Economics*, 18(12), 1275–1289. <https://doi.org/10.1080/000368486000000003>
- Worthington, A. C. (2010). Commercial and Industrial Water Demand Estimation: Theoretical and Methodological Guidelines for Applied Economics. *Estudios de Economía Aplicada*, 28(2), 237–258.